



⑬ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 56 814 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**A 61 B 6/12**  
A 61 B 19/00  
G 06 K 9/80

⑳ Aktenzeichen: 199 56 814.6  
㉔ Anmeldetag: 25. 11. 1999  
㉕ Offenlegungstag: 13. 6. 2001

**DE 199 56 814 A 1**

㉑ Anmelder:  
BrainLAB AG, 85551 Kirchheim, DE  
  
㉒ Vertreter:  
Schwabe, Sandmair, Marx, 81677 München

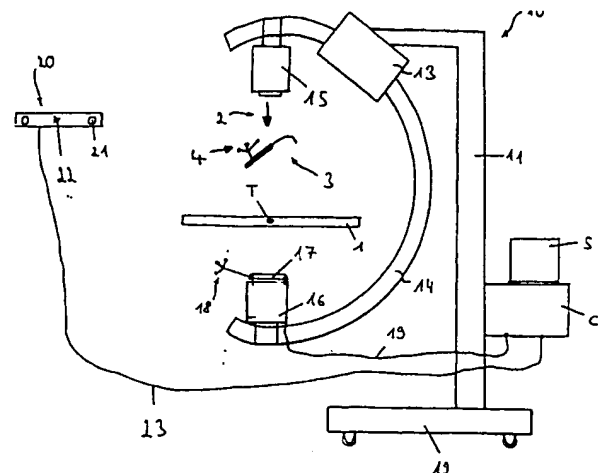
㉓ Erfinder:  
Vilsmeier, Stefan, 85586 Poing, DE; Birkenbach,  
Rainer, 85622 Feldkirchen, DE  
  
⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
WO 99 58 065 A1  
WO 99 58 055 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Formerfassung von Behandlungsvorrichtungen

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erfassung der Form einer Behandlungsvorrichtung (3), bei dem die Behandlungsvorrichtung (3) mittels einer an ihr angebrachten Positionsmarkeranordnung (4) in einem computergesteuerten, kameragestützten Navigationssystem referenziert wird, wobei mittels mindestens einer Röntgenaufnahme Projektionen der Behandlungsvorrichtung (3) erfasst und über die Lage der Positionsmarkeranordnung (4) in den Projektionen die vollständige äußere Form der Behandlungsvorrichtung (3) im Navigationssystem zugeordnet wird.



**DE 199 56 814 A 1**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erfassung der Form einer Behandlungsvorrichtung, bei dem die Behandlungsvorrichtung mittels einer an ihr angebrachten Positionsmarkeranordnung in einem computergesteuerten, kameragestützten Navigationssystem referenziert wird.

Aus der DE 196 39 615 ist ein Navigationssystem bekannt, mit welchem chirurgische Instrumente computergestützt während einer Operation verfolgt werden können. An den Instrumenten werden hierzu Reflektoren angebracht, welche über ein Kamerasystem und eine angeschlossene Rechneinheit erkannt und im Raum lokalisiert werden. Es wird dabei vorgeschlagen, jeweils jedes Instrument vorab im Navigationssystem so zu referenzieren, dass die Position seiner Spitze bekannt ist, so dass der Chirurg mit Hilfe einer Bildschirmausgabe feststellen kann, wo sich die Instrumentenspitze jeweils im Verhältnis zu vorher referenzierten Patienten-Körperteilen befindet. Einen Nachteil zeigt eine solche Navigation dann, wenn z. B. Instrumente verwendet werden, die von ihrem Handgriffabschnitt bis zu ihrer Spitze nicht in gerader Linie ausgerichtet sind, wie zum Beispiel eine Ahle, die einen gekrümmten vorderen Abschnitt aufweist.

Ein Navigationssystem, wie es vorher beschrieben wurde, kann nämlich lediglich die Position der Spitze einer solchen Ahle anzeigen, jedoch dem behandelnden Chirurgen nicht darüber Auskunft geben, wo sich gerade der gekrümmte Abschnitt des Instruments befindet. Dies ist insbesondere dann kritisch, wenn in sensiblen Gewebebereichen operiert wird, also beispielsweise in einem Gehirn, da gekrümmte Abschnitte eines Instruments, deren Position nicht erkennbar wird, durchaus bei Bewegung Schäden verursachen können.

In gleicher Weise gilt obiges für die Verfolgung größerer oder unförmiger Behandlungsvorrichtungen, wie zum Beispiel Knochensägen, Bohrer, Schrauben oder aller möglichen Implantate.

Es ist deshalb die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren bereitzustellen, mit dem es möglich wird, Behandlungsvorrichtungen aller möglichen Außenformen innerhalb eines Navigationssystems zu referenzieren und zwar derart, dass bei einer Behandlung Informationen über die äußere Form der Behandlungsvorrichtung zur Verfügung stehen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zur Erfassung der Form einer Behandlungsvorrichtung gelöst, bei dem die Behandlungsvorrichtung mittels einer an ihr angebrachten Positionsmarkeranordnung in einem computergesteuerten, kameragestützten Navigationssystem referenziert wird, wobei mittels mindestens einer Röntgenaufnahme Projektionen der Behandlungsvorrichtung erfasst und über die Lage der Positionsmarkeranordnung in den Projektionen die vollständige äußere Form der Behandlungsvorrichtung im Navigationssystem zugeordnet wird.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird nunmehr die äußere Form einer Behandlungseinrichtung vollständig im Navigationssystem bekannt und diese Information steht dem behandelnden Arzt während der Behandlung zur Verfügung. Vorteilhafterweise ist der behandelnde Arzt nunmehr durch das Navigationssystem unterstützt dazu in der Lage, Schädigungen des Patientengewebes durch bestimmte Teile der Behandlungsvorrichtung zu vermeiden, weil er durch die bildunterstützte Navigation stets Informationen über die Lage des Außenrisses der Behandlungsvorrichtung zur Verfügung hat. Damit kann zum Beispiel mit Behandlungsgeschäften wie einer Aale ohne weiteres so gearbeitet werden, dass dem Patienten keine Verletzungen zugefügt werden; dies gilt unter anderem auch für das Einsetzen von Implan-

laten.

Bevorzugt erfolgt bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Zuordnung der äußeren Form computergesteuert über eine Verarbeitung der Projektionsbilddaten und der Daten des Navigationssystems in einer einzigen Rechneinheit mit einer einzigen Bildschirmausgabe. Hierdurch lässt sich der Apparateaufwand verringern und alle notwendigen Informationen stehen dem behandelnden Arzt aus einer einzigen Quelle zur Verfügung.

Es können mindestens zwei Röntgenaufnahmen der Behandlungsvorrichtung in verschiedenen Lagen gemacht werden, um deren äußere Form dreidimensional zu erfassen. Alternativ besteht die Möglichkeit, eine längere Röntgenaufnahme zu machen, bei der die Behandlungsvorrichtung bewegt wird, wobei die Zuordnung aus den Projektionen der Behandlungsvorrichtungen und der Positionsmarkeranordnung im Bewegungsablauf bzw. an einzelnen Zeitpunkten während des Bewegungsablaufes erfolgt.

Falls notwendig, kann zur Absicherung die Zuordnung der äußeren Form mehrmals hintereinander während einer Behandlung erfolgen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens nach der vorliegenden Erfindung wird als kameragestütztes Navigationssystem ein System mit an allen zur Behandlung verwendeten Vorrichtungen angebrachten Reflektorenanordnungen für die Strahlung einer Quelle für unsichtbares Licht, insbesondere einer Infrarot-Strahlungsquelle verwendet.

Von besonderem Vorteil ist es, wenn zur Erstellung der Röntgenaufnahme ein C-Bogen-Röntgengerät, insbesondere ein Fluoroskopiergerät verwendet wird. Ein solches C-Bogen-Röntgengerät bzw. Fluoroskopiergerät kann ohne weiteres vor oder während einer Operation zum Patienten gebracht werden, so dass die notwendigen Röntgenaufnahmen vor Ort erstellt werden können.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung betrifft diese ein Verfahren zur Referenzierung zur Behandlungsvorrichtungen durch ein Verfahren, wie es oben beschrieben wurde, erfasst wird. Mit anderen Worten lassen sich natürlich erfindungsgemäß auch mehrere Behandlungsvorrichtungen, die beispielsweise während einer Operation benötigt werden (beispielsweise chirurgische Werkzeuge und Implantate) erfindungsgemäß in ihrer äußeren Form erfassen.

Die Erfindung wird im weiteren anhand einer Ausführungsform näher erläutert. In den beiliegenden Zeichnungen zeigt die Fig. 1 eine Prinzipdarstellung eines Röntgengeräts, das mit einer kameragestützten Navigation kombiniert ist, wobei eine Ahle (als Beispiel für ein chirurgisches Instrument (Behandlungsvorrichtung)) in den Erfassungsbereich des Röntgengeräts eingebracht ist; und die Fig. 2a, 2b und 2c zeigen eine solche Ahle in schematischer Darstellung in verschiedenen Lagen, für die zur dreidimensionalen Form-erfassung eine Röntgenaufnahme erstellt wird.

In Fig. 1 ist in einer Prinzipdarstellung ein Röntgengerät mit kameraunterstützter Navigation gezeigt. Operiert werden soll an einem Behandlungsziel T in einem schematisiert angedeuteten Patientenkörper 1. Dazu wird ein C-Bogen-Röntgengerät 10 verwendet, das auf einer roll- und feststellbaren Basis 12 steht. Am Arm 11 ist die Führung 13 für den in dieser verschieblich und fixierbar gehaltenen Bogen 14 angebracht. Der Bogen hat an seinem Oberteil eine Röntgenstrahlungsquelle 15 und diametral gegenüber einen Bildverstärker 16, dessen Bildsignale mittels eines Kabels 19 an den ebenfalls am Arm befestigten Rechner (Computer C) mit Bildschirm S weitergegeben werden.

Auf dem Bildverstärker 16 ist über eine nur strichweise angedeutete, in Fig. 1 nicht bezeichnete Halterung einer Re-

ferenzstruktur 17 angebracht. Der Rechner C erhält ferner Positionsinformationen durch die Kameraeinheit 20 über das Kabel 23. Die Kameraeinheit 20 weist zwei Infrarotkameras 21 und eine Infrarot-Strahlungsquelle 22 auf. Sie kann ohne weiteres auf dem Röntgengerät 10 befestigt sein. Mittels dieser Kameraeinheit wird die Position von Positionsmarkeranordnungen, zum Beispiel einer Positionsmarkeranordnung 18 an der Referenzstruktur 17 oder einer Positionsmarkeranordnung 4 an einer Ahle 3, bestimmt und dadurch auch die Position dieser Instrumente selbst.

Wenn nun durch ein erfindungsgemäßes Verfahren die äußere Form einer Behandlungsvorrichtung, im vorliegenden Beispiel der Ahle 3 erfasst werden soll, wird diese zwischen die Strahlungsquelle 15 und den Bildverstärker 16 des Röntgengerätes gebracht, wie dies in Fig. 1 schematisch dargestellt ist. An der Ahle 3 befindet sich eine beispielsweise über einen Adapter angebrachte Positionsmarkeranordnung 4. Durch diese Positionsmarkeranordnung 4 ist die Lage der Ahle 3 im kameragestützten Navigationssystem referenzierbar. Nunmehr kann mit Hilfe eines erfindungsgemäßen Verfahrens zusätzlich noch die jeweilige äußere Form der Ahle 3 in jeder Lage referenziert werden, so dass nicht nur, wie bisher üblich, die Position der Spitze der Ahle 3 auf dem Bildschirm S ausgegeben werden kann, sondern ihre gesamte Form.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel geschieht dies folgendermaßen. Die Ahle 3 wird zunächst in üblicher Weise im kameragestützten Navigationssystem referenziert, und zwar mittels der Positionsmarkeranordnung 4, welche die Strahlung der Infrarotstrahlungsquelle 22 reflektiert und über die Kameras 21 erkannt und zugeordnet wird. Danach wird die Ahle 3 in den Erfassungsbereich des Röntgengerätes 10 gebracht, also zwischen die Röntgenstrahlungsquelle 15 und den Bildverstärker 16.

Nunmehr werden bei der vorliegenden Ausführungsform drei Röntgenbilder erstellt, wobei die Ahle 3 nach jeder Aufnahme jeweils in eine andere Lage gebracht wird, beispielsweise dadurch, dass ein Chirurg, der die Ahle 3 am Griff 6 festhält, diese jeweils um einen bestimmten Winkel dreht. Die Projektionen der Ahle 3, wie sie beispielsweise in den erstellten Röntgenaufnahmen erscheinen, sind in den Fig. 2a bis 2c gezeigt. Die Ahle 3 ist hier noch immer schematisch etwas vergrößert dargestellt und sie weist den Handgriff 6 sowie einen vorderen Abschnitt 5 auf, der zur Spitze hin gekrümmt ist. Am Handgriff 6 ist über einen Adapter 7 eine Positionsmarkeranordnung 4 mit drei Positionsmarkern angebracht.

Die drei Aufnahmen (Projektionen) der Ahle 3 aus den Fig. 2a bis 2c werden hintereinander gemacht. Zuerst hält der Chirurg also die Ahle so, dass sie eine in Fig. 2a aufgezeigte Stellung einnimmt. In dieser Stellung wird eine Röntgenaufnahme gemacht, bei der einerseits die Positionsmarkeranordnung 4 erfasst wird und andererseits auch Informationen über die äußere Form der Ahle 3 in dieser Lage erfasst werden. Durch die Anordnung der Positionsmarker ist über das Navigationssystem die Lage der Ahle 3 im Raum bekannt. Deshalb kann nunmehr computergestützt die äußere Form der Ahle 3, wie sie sich in dieser Lage darstellt, über eine Verarbeitung des Röntgenbildes zugeordnet werden.

Um nun die Form der Ahle 3 dreidimensional erfassen zu können und diese Daten auch räumlich zuzuordnen, wird die Ahle 3 durch den Chirurgen gedreht, und zwar in eine Position, wie sie beispielhaft in Fig. 2b dargestellt ist. Es wird ersichtlich, dass sich sowohl die Form der Ahle 3 in dieser Projektion als auch die Anordnung der Positionsmarker verändert, und durch die Verknüpfung dieser Daten kann nunmehr schon mit einer guten Genauigkeit eine dreidimensionale

Form der Ahle 3 im Navigationssystem zugeordnet werden. Um die Genauigkeit noch weiter zu steigern, wird nochmals (oder so oft als nötig) in einer gedrehten Lage, wie sie in Fig. 2c gezeigt ist, erneut eine Röntgenaufnahme erstellt, wonach über Lage- und Formberechnungen die äußere Form der Ahle 3 nunmehr im Navigationssystem als Information zur Verfügung steht. Der Verknüpfungspunkt zwischen Form- und Lageerfassung ist hierbei immer die Positionsmarkeranordnung 4, welche sowohl durch das Navigationssystem als auch in den Röntgenaufnahmen erfassbar ist.

Mit Hilfe dieser Informationen über die äußere Form der Ahle 3 kann der Chirurg nunmehr auf dem Bildschirm 5 des Navigationssystems nicht nur die Spitze, sondern die gesamte Ahle 3 erkennen und damit das Verletzungsrisiko ausschließen, welches entsteht, wenn insbesondere die Position des gekrümmten vorderen Abschnittes S bei Eingriffen nicht genau bekannt ist.

Obwohl nicht in den Figuren dargestellt, kann jedwede Behandlungsvorrichtung in ihrer Form im Navigationssystem zugeordnet werden, also auch beispielsweise Knochensägen, Implantate, Schrauben u. a. Ferner kann anstatt der drei Röntgenaufnahmen eine längere Röntgenaufnahme gemacht werden, während die Behandlungsvorrichtung bewegt wird, wobei an einzelnen Zeitpunkten während des Bewegungsablaufes oder im Bewegungsablauf eine Zuordnung aus den jeweiligen Projektionen der Behandlungsvorrichtung und der Positionsmarkeranordnung erfolgt.

#### Patentsprüche

1. Verfahren zur Erfassung der Form einer Behandlungsvorrichtung (3), bei dem die Behandlungsvorrichtung (3) mittels einer an ihr angebrachten Positionsmarkeranordnung (4) in einem computergesteuerten, kameragestützten Navigationssystem referenziert wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass mittels mindestens einer Röntgenaufnahme Projektionen der Behandlungsvorrichtung (3) erfasst und über die Lage der Positionsmarkeranordnung (4) in den Projektionen die vollständige äußere Form der Behandlungsvorrichtung (3) im Navigationssystem zugeordnet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Zuordnung der äußeren Form computergesteuert über eine Verarbeitung der Projektionsbilddaten und der Daten des Navigationssystems in einer einzigen Rechneinheit (C) mit einer einzigen Bildschirmausgabe (S) erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem mindestens zwei Röntgenaufnahmen der Behandlungsvorrichtung (3) in verschiedenen Lagen gemacht werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem eine längere Röntgenaufnahme gemacht wird, während der die Behandlungsvorrichtung (3) bewegt wird, wobei die Zuordnung aus den Projektionen der Behandlungsvorrichtung (3) und der Positionsmarkeranordnung (4) im Bewegungsablauf bzw. an einzelnen Zeitpunkten während des Bewegungsablaufes erfolgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die Zuordnung der äußeren Form mehrmals hintereinander während einer Behandlung erfolgt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem als kameragestütztes Navigationssystem ein System mit an allen zur Behandlung verwendeten Vorrichtungen (3) angebrachten Reflektoranordnungen (4) für die Strahlung einer Quelle für unsichtbares Licht, insbesondere einer Infrarot-Strahlungsquelle (22) verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei

dem zur Erstellung der Röntgenaufnahme ein C-Bogen-Röntgengerät (10), insbesondere ein Fluoroskopiegerät verwendet wird.

8. Verfahren zur Referenzierung von Behandlungsvorrichtungen (3), bei dem die Form mehrerer Behandlungsvorrichtungen (3) durch ein Verfahren gemäß den Ansprüchen 1 bis 7 erfasst wird. 5

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

